



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

PAE

UHE Simplício e Anta

Anexo 12

Estudos de Ruptura da Barragem

Documento	Rev 0	Rev 1	Rev 2	Rev 3			
PAE	-	-	-	jan/25			
Alterações da revisão atual	Pequenos ajustes devido a alterações na estrutura organizacional da empresa.						

Revisão 03 – Janeiro/2025



Relatório dos Estudos de Ruptura do AHE Simplício/ Anta e Diques

OOMB.F.017.2023-R0



Plano de Ação de Emergência
UHE Simplício e Anta
ANEXO 12 - RELATÓRIO DOS ESTUDOS DE RUPTURA - UHE SIMPLÍCIO-ANTA
REVISÃO 02 – 01/2025

1. SÍNTESE	1
2. INTRODUÇÃO	1
3. SISTEMA DE MODELAGEM – HEC RAS.....	2
4. PREMISSAS DOS ESTUDOS.....	2
5. DADOS DE ENTRADA	2
6.1. Modelos Digitais de Superfície e de Terreno (MDS e MDT)	Erro! Indicador não definido.
6.2. Batimetria	3
6.3. Coeficiente de rugosidade de Manning	3
6.4. Vazão afluente ao reservatório de Anta.....	3
6.5. Vazão afluente ao circuito hidráulico.....	4
1. DEFINIÇÃO DA BRECHA DE RUPTURA	4
2. CENÁRIOS DE RUPTURA	4
6.6. - Cenários de Ruptura da Barragem da UHE Anta.....	7
1.1. Cenários de Ruptura do Dique Lourical 1	8
1.2. Cenários de Ruptura do Dique Lourical 2	9
1.3. Cenários de Ruptura do Dique Estaca 1	10
1.4. Cenários de Ruptura do Dique Estaca 2	11
1.5. Cenários de Ruptura do Dique Tocaia.....	12
1.6. Cenários de Ruptura do Dique Antonina.....	13
1.7. Cenários de Ruptura do Dique Norte	14
1.8. Cenários de Ruptura do Dique Sul	15
3. - SELEÇÃO DOS CENÁRIOS.....	15



1. RESULTADOS

1.1. Tempo de Chegada da Onda

6.7. Hidrograma de ruptura

6.8. Mapas

4. AMORTECIMENTO DA ONDA DE INUNDAÇÃO

17

17

17

19

19



1. Síntese

O presente documento apresenta uma síntese dos estudos de ruptura do Complexo da UHE Simplício / Anta e seus diques, com as premissas e dados utilizados na modelagem, assim como os resultados obtidos.

Este documento subsidiará a elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE) do empreendimento e dos Planos de Contingência (PLANCON) dos municípios situados a jusante da barragem.

Neste contexto, foram estudados diferentes cenários, visando identificar o pior cenário, com a maior mancha de inundação e menor tempo de chegada da onda, certificando que os órgãos de defesa irão elaborar os seus planos para o cenário mais catastrófico.

Tendo em vista o arranjo da usina, foi estudada a ruptura de sua barragem principal e de seu dique, obtendo manchas de inundação em bacias distintas. Em ambos os casos foram previstos cenários de erosão interna (*piping*) e galgamento (*overtopping*). Além disso, foi considerada a ruptura instantânea das barragens.

2. Introdução

De acordo com a RN ANEEL 696/2015, a UHE Simplício/Anta foi classificada como B e, portanto, faz-se necessária a elaboração de seu Plano de Ação de Emergência, que é feito a partir dos resultados dos estudos de ruptura das estruturas da usina.

Tais estudos compreendem uma modelagem hidráulica que estima as áreas, a jusante da usina, que podem ser afetadas pela onda proveniente da hipotética ruptura de suas barragens, visando fornecer elementos suficientes para a atuação dos órgãos responsáveis.



3. Sistema de Modelagem – Hec Ras

Foi utilizado o *Software HEC-RAS, Hydraulic Engineering Center – River Analysis System*, um sistema de modelagem 1D e 2D, desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers*. A versão HEC-RAS 5.0.3 é utilizada nos estudos contidos neste relatório.

No presente estudo, foi utilizado o modelo 2D, que resolve as equações de Navier-Stokes em um esquema numérico híbrido implícito de diferenças finitas e volumes finitos.

4. Premissas dos Estudos

As premissas básicas, que nortearam os estudos, foram:

- A modelagem matemática foi feita considerando cenários críticos, identificados para cada barragem;
- A abrangência dos estudos de propagação da onda de ruptura se estende até a próxima usina, independente de sua capacidade de amortecer ou não a onda gerada;
- Na hipótese de a usina de jusante não possuir capacidade para amortecimento da onda gerada, pode ser necessário um estudo de ruptura em cascata, não contemplado neste relatório;
- De forma conservadora, a zona de autossalvamento (ZAS) foi definida em 10 km, a partir da mancha máxima de inundação, de acordo com a Resolução ANA Nº 236/2017.

5. Dados de Entrada

Os dados utilizados na modelagem foram.

5.1. Modelos Digitais de Superfície e de Terreno (MDS e MDT)

Os MDS e MDT foram gerados pela empresa *Space Imaging Brasil* a partir de pares estereoscópicos dos satélites *Geoeye-1* e da série *WorldView* (1, 2, 3 e 4). Os pares estereoscópicos foram orientados a partir da atitude dos satélites por meio de seus arquivos RPC (Coeficientes Polinomiais Reais) e dos pontos de controle obtidos em campo. A altitude ortométrica foi gerada a partir do MAPGEO 2015. Os modelos têm resolução espacial de 2 metros, precisão absoluta de 2 metros e relativa de 1 metro, salvo o MDT sob área de vegetação densa, que teve sua superfície gerada a partir da interpolação do MDS.

5.2. Batimetria

A empresa SALT foi contratada para realizar levantamento batimétrico monofeixe a jusante da Usina Hidrelétrica de Anta no rio Paraíba do Sul.

Foram gerados 23 perfis batimétricos de acordo com as seções realizadas em campo.

A extensão média das seções foi de aproximadamente 116 metros, com espaçamento médio entre as mesmas de 2 km. Foi recoberta uma extensão de rio de aproximadamente 53 km, com 7 km lineares de seções levantadas

Neste estudo, foram utilizados dados batimétricos do reservatório da UHE Anta e a do trecho fluvial a jusante se estendendo até a UHE Ilha dos Pombos, da Light, que de forma colaborativa cedeu os dados de batimetria do seu reservatório.

5.3. Coeficiente de rugosidade de Manning

O coeficiente de rugosidade é um parâmetro de extrema importância na modelagem, uma vez que ele representa o atrito do terreno.

A calibração de modelos, em geral, é realizada via ajustes no coeficiente de Manning e comparação de níveis d'água, N.A., observados e os resultantes das modelagens. Em estudos de ruptura, os níveis d'água podem atingir cotas elevadas e nunca registradas. Desta forma não é possível a calibração deste parâmetro.

Desta forma, foram adotados coeficientes aderentes ao utilizado na literatura internacional, os quais se encontram apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Tabela de Coeficientes de Manning

Área	Coeficiente de Manning
Calha do Rio Grande	0,05
Áreas de várzea não urbana	0,10
Área urbanizada	0,15
Área de Mata	0,12
Região da ruptura	0,30

5.4. Vazão afluente ao reservatório de Anta

Um dos dados de entrada do modelo é a vazão afluente ao reservatório da UHE Anta.

No presente estudo, foi utilizada a vazão média de longo termo, $Q_{MLT} = 557,0 \text{ m}^3/\text{s}$ associada a cota 251,50 m na UHE Anta, e a cheia decamilenar, $Q_{10000} = 7753,0 \text{ m}^3/\text{s}$, associada a cota 253,70 m na UHE Anta, obtidas do relatório da revisão periódica de segurança de barragem, elaborado pela VLB Engenharia.

Os níveis d'água nos diques no instante da ruptura foram considerados, de forma conservadora, iguais ao da UHE Anta.

5.5. Vazão afluente ao circuito hidráulico

Entende-se que a vazão afluente ao circuito hidráulico da UHE Simplício está limitada hidraulicamente pelo Canal 1 e Túnel 1. Vazões extremas, tal como a decamilenar, são vertidas na UHE Anta pelo vertedouro de comportas ou pelo vertedouro de soleira livre com uma sobrelevação do N.A. 253,70 m, este é o N.A. inicial considerado para a ruptura dos diques do circuito hidráulico até a UHE Simplício.

A Vazão decamilenar é inserida no estudo em questão como afluente ao reservatório da UHE Anta, e se propaga para jusante pela calha do rio Paraíba do Sul.

6. Definição da brecha de ruptura

A definição da brecha leva em consideração o reservatório, o tipo de estrutura, o tipo de rompimento, níveis d'água, entre outros parâmetros.

No presente estudo, as dimensões da brecha foram definidas com base nas formulações empíricas de *Froehlich* (2008), a partir de ferramenta disponível no próprio *software*.

O tempo de formação da brecha foi obtido de duas maneiras distintas;

- Formulação empírica de *Froehlich* (2008), a partir de ferramenta disponível no próprio *software*;
- Ruptura instantânea da barragem, com tempo de formação da brecha equivalente a 6 min, conforme recomendado pelo *U.S. Army Corps of Engineers*.

O cenário de ruptura instantânea, apesar de não ser o mais usual em estruturas de concreto e de terra, foi considerado nas simulações, em plena conformidade com a premissa de adotar critérios mais conservadores.

7. Cenários de Ruptura

Os cenários foram definidos de forma a considerar:

- *Sunny day* – ruptura a partir da vazão média de longo termo (Q_{MLT}) e nível d'água normal;
- *Rainy day* – ruptura a partir do pico da vazão decamilenar ($Q_{10.000}$) e nível d'água extremo, galgando as estruturas de terra.
- Foram consideradas as rupturas por erosão interna (*piping*) e galgamento (*overtopping*).

A seguir são apresentados os cenários considerados, para cada estrutura. Inicialmente serão apresentados os cenários de ruptura para a UHE Anta e posteriormente os cenários de ruptura para o Dique Louriçal 1, Dique Louriçal 2, Dique Estaca 1, Dique Estaca 2, Dique Tocaia, Dique Antonina, Dique Sul e Dique Norte no circuito hidráulico.

Deve-se ressaltar que foram feitas as modelagens apenas de cenários críticos, visando identificar o pior cenário para cada estrutura, os quais serão utilizados para a elaboração do PAE e dos PLANCON's.

Foram estudados os rompimentos dos 8 diques e da barragem de Anta.

A ruptura da barragem de Anta, por ser de concreto, foi sempre realizada em tempo quase instantâneo, de 6 min. O pior cenário encontrado foi associado à vazão decamilenar.

Para os 8 diques, a ruptura foi associada ao nível d'água de uma vazão decamilenar no rio Paraíba do Sul. De forma a manter o conservadorismo premissa deste estudo, o tempo de formação da brecha de ruptura é considerado quase instantâneo, 6min.

Os volumes de ruptura em cada rompimento variam bastante, em função das respectivas cotas de restrição de cada um. A Tabela 2 mostra as curvas cota-volume de cada reservatório intermediário do circuito hidráulico. A ruptura de cada dique considera todo volume de água nos reservatórios do circuito hidráulico, considerando os controles hidráulicos, tais como tuneis, e soleiras. Desta forma, o deplecionamento dos reservatórios devido à ruptura simulada ocorreu considerando as características de topografia local, com uma representação fidedigna das interligações entre os reservatórios que compõe o circuito hidráulico.

Tabela 2. Valores da curva cota-volume considerados para os reservatórios intermediários do circuito hidráulico

COTA (m)	VOLUME (10 ⁶ m ³)					
	ANTA	TOCAIA	LOURIÇAL	CALÇADO	ANTONINA	PEIXE
205						
210			0,33		0,01	
215			1,59		0,11	
220			3,19		0,42	0,01
225			5,29	0,57	1,10	0,11
230	0,06		8,1	1,14	2,20	0,31
235	2,45		11,81	2,54	3,76	0,61
240	11,69		18,73	4,95	5,77	1,03
245	32,8	0,58	23,26	8,44	8,21	1,60
250	69,25	1,15	31,36	14,20	11,05	2,33
251,50	84,16	1,47	16,88	34,09	11,98	2,58
255	126,5	2,75	41,2	23,42	14,49	3,31

O nível d'água considerado no momento de todas as rupturas foi o NA correspondente à cota da vazão decamilenar, 253,70 m.

A brecha na barragem de Anta, que é em uma estrutura de concreto, é do tipo retangular, com a remoção de blocos de concreto. Já nos diques, a brecha possui forma trapezoidal, conforme preconiza a literatura. As características de cada brecha encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Todos os parâmetros das brechas foram definidos segundo os critérios estabelecidos na literatura, após realização de análise de sensibilidade para cada parâmetro.

A crista da barragem de concreto na UHE Anta (vertedouro de soleira livre) está na cota 251,50 m e os diques todos acima da elevação 254,5, portanto foi considerado improvável a ocorrência de galgamento nos diques do circuito hidráulico. por este motivo todas as rupturas estudadas consideraram a ocorrência de *piping* como causa da ruptura.

7.1. - Cenários de Ruptura da Barragem da UHE Anta

Cenário 1 -Ruptura Instantânea – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura instantânea da barragem da UHE Anta, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 2 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea da barragem da UHE Anta, com a vazão decamilenar afluente ao reservatório e nível d'água associado de 253,70 m .

	Cenário 1	Cenário 2
Cota crista barragem	251,50 m	251,50 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	114,0 hm ³	155,209 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	235 m	235 m
Largura (base)	120 m	120 m
Altura da brecha	16,5 m	18,7 m
Altura hidráulica	16,5 m	18,7 m
Talude da brecha (MD)	vertical	vertical
Talude da brecha (ME)	vertical	vertical
Tempo de formação da brecha	6 min *	6 min *
Modo de ruptura	Tombamento instantâneo	Tombamento instantâneo

* Ruptura instantânea por tombamento de blocos de concreto.

7.2. Cenários de Ruptura do Dique Lourical 1

Cenário 3 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Lourical 1, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 4 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Lourical 1, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 3	Cenário 4
Cota crista barragem	256,0 m	256,0, m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	96,0 hm ³	128, 9 hm ³
Vazão Afluente à UHE Anta	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	243,0 m	243,0 m
Largura (base)	80,0 m	80,0 m
Altura da brecha	13,0 m	13,0 m
Altura hidráulica da brecha	8,5 m	10,7 m
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	4,74 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)

7.3. Cenários de Ruptura do Dique Lourical 2

Cenário 5 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Lourical 2, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 6 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Lourical 2, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 5	Cenário 6
Cota crista barragem	255,50 m	253,70 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	96,1 hm ³	128,9 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	244,0 m	244,0 m
Largura (base)	35,0 m	35
Altura da brecha	11,5 m	11,5 m
Altura hidráulica	7,5 m	9,7 m
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	5,81 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)



7.4. Cenários de Ruptura do Dique Estaca 1

Cenário 7 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Estaca 1, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 8 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Estaca 1, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 7	Cenário 8
Cota crista barragem	254,5 m	253,70 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	114,6 hm ³	147,5 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	250.1 m	250.1 m
Largura (base)	20,0 m	20,0 m
Altura da brecha	4,4 m	4,4 m
Altura hidráulica	0,9 m	3,6 m
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	8,95 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)

7.5. Cenários de Ruptura do Dique Estaca 2

Cenário 9 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Estaca 2, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 10 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Estaca 2, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 9	Cenário 10
Cota crista barragem	254,5 m	253,70 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	114,6 hm ³	147,5 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	195 m	195 m
Largura (base)	35,0 m	35,0 m
Altura da brecha	59,6 m	59,6 m
Altura hidráulica	56,5 m	58,7 m
Talude da brecha (MD)	3,0 (H) : 1 (V)	3,0 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	1,0 (H) : 1(V)	1,0 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	1,05 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)



7.6. Cenários de Ruptura do Dique Tocaia

Cenário 11 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Tocaia, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 12 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Tocaia, associado ao nível d'água decamilar, de 253,70 m .

	Cenário 11	Cenário 12
Cota crista barragem	255,30 m	253,70 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	91,1 hm ³	123,9 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	242 m	242 m
Largura (base)	20,0 m	20,0 m
Altura da brecha	13,3 m	13,3 m
Altura hidráulica	9,5 m	11,7 m
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	4,66 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)



7.7. Cenários de Ruptura do Dique Antonina

Cenário 13 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Antonina, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 14 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Antonina, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 13	Cenário 14
Cota crista barragem	255 m	253,70 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	107,5 hm ³	140,4 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	232 m	232 m
Largura (base)	120,0 m	120,0 m
Altura da brecha	23,0 m	23,0 m
Altura hidráulica	19,5 m	21,7 m
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	2,86 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)



7.8. Cenários de Ruptura do Dique Norte

Cenário 15 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Norte, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 16 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Norte, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 15	Cenário 16
Cota crista barragem	254,7 m	253,70 m
NA de ruptura	251,50 m	253,70 m
Volume (NA de ruptura)	103,7 hm ³	136,79 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	232 m	232 m
Largura (base)	120,0 m	120,0 m
Altura da brecha	22,7 m	22,7 m
Altura hidráulica	19,5 m	21,7 m
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	2,88 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)



7.9. Cenários de Ruptura do Dique Sul

Cenário 17 -Ruptura *Piping* – Q_{MLT}

Este cenário considera a ruptura por *piping* do dique Sul, com a vazão média de longo termo afluente ao reservatório de Anta e nível d'água normal do reservatório.

Cenário 18 -Ruptura Instantânea – $Q_{10.000}$

Este cenário considera a ruptura instantânea do dique Sul, associado ao nível d'água decamilenar, de 253,70 m .

	Cenário 17	Cenário 18
Cota crista barragem	254,5 m	253,7 m
NA de ruptura	251,5 m	253,7 m
Volume (NA de ruptura)	103,7 hm ³	136,7 hm ³
Vazão Afluente ao reservatório	208 m ³ /s	7753,0 m ³ /s
Cota soleira brecha	233,0 m	233,0 m
Largura (base)	137,0 m	137,0 m
Altura da brecha	21,5 m	21,5 m
Altura hidráulica	18,5 m	20,7
Talude da brecha (MD)	0,7 (H) : 1 (V)	1 (H) : 1 (V)
Talude da brecha (ME)	0,7 (H) : 1(V)	1 (H) : 1(V)
Tempo de formação da brecha	3,01 h *	6 min
Modo de ruptura	<i>Piping</i>	Instantânea

*Tempo de formação da brecha obtido por Froehlich (2008)

8. - Seleção dos Cenários

Foram executadas as modelagens para todos os cenários de modelagem definidos e descritos no item anterior.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura da barragem da **UHE Anta** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea, num momento de pico da cheia decamilenar, ou seja, o **Cenário 2**.



Plano de Ação de Emergência
UHE Simplício e Anta
ANEXO 12 - RELATÓRIO DOS ESTUDOS DE RUPTURA - UHE SIMPLÍCIO-ANTA
REVISÃO 02 – 01/2025

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Louriçal 1** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 4**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Louriçal 2** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 6**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Estaca 1** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 8**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Estaca 2** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 10**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Tocaia** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 12**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Antonina** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 14**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Norte** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 16**.

A análise dos resultados dos cenários de ruptura do **dique Sul** indicou, como o pior cenário, a ruptura Instantânea associada ao nível d'água decamilenar, ou seja, o **Cenário 18**.

O pior cenário para cada barramento foi identificado por critérios objetivos, através da comparação dos resultados. Para fins deste estudo, o pior cenário é aquele que gerou a maior mancha de inundação, elevação do nível d'água, maiores velocidades e menores tempos de chegada da onda.

Sendo assim, o PAE deve ser elaborado para os cenários 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 e 18 conforme mapas e tabelas apresentados neste relatório.



9. Resultados

Os resultados dos cenários acima, tais como, mapas de inundação, velocidades, tempo de chegada da onda e cotas do nível d'água foram utilizados para definição das ZAS e ZSS, assim como definir as ações e dimensionamentos de infraestrutura associadas ao PAE (sirenes, rotas de fuga, placas, treinamentos).

Para facilitar a visualização de resultados, os mapas estão agrupados de acordo com a sua proximidade, da seguinte forma:

Grupo 01 – ANTA,

Grupo 02 - TOCAIA, ESTACA E LOURIÇAL

Grupo 03 - ANTONINA, NORTE E SUL

9.1. Tempo de Chegada da Onda

A título de orientação para o planejamento das ações de evacuação e resgate por parte da Defesa Civil foram gerados mapas com os tempos para chegada da onda de inundação.

O tempo de chegada da onda foi definido pelo instante em que o nível d'água sobe 10 cm.

Os mapas encontram-se no anexo 10.

9.2. Hidrograma de ruptura

O hidrograma proveniente da ruptura da barragem é calculado no próprio modelo, a cada passo de tempo, considerando a batimetria no reservatório e a sua Relação Cota-Volume, NA's de montante e jusante, dimensões da brecha a cada instante e tempo de ruptura.

Adotando esta metodologia chegou-se à vazão de pico da estrutura, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Vazão de Pico obtida do modelo.

Barragem	Vazão de Pico (m³/s)
Cenário 1 - UHE Anta	22.942,2
Cenário 2 - UHE Anta	23.193,2
Cenário 3 - Dique Lourical 1	3173,4
Cenário 4 - Dique Lourical 1	4337,4
Cenário 5 - Dique Lourical 2	1451,2
Cenário 6 - Dique Lourical 2	1797,6
Cenário 7 - Dique Estaca 1	202,9
Cenário 8 - Dique Estaca 1	224,1
Cenário 9 - Dique Estaca 2	65.227,8
Cenário 10 - Dique Estaca 2	79.836,4
Cenário 11 - Dique Tocaia	1507,0
Cenário 12 - Dique Tocaia	1.674,5
Cenário 13 - Dique Antonina	11.987,5
Cenário 14 - Dique Antonina	18.735,7
Cenário 15 - Dique Norte	11.930,2
Cenário 16 - Dique Norte	19.415,0
Cenário 17 - Dique Sul	11.777,8
Cenário 18 - Dique Sul	18.735,4

Destas, observamos que a maior vazão ocorre nos cenários de ruptura instantânea associados ao NA decamilenar, justificando a escolha como cenário mais conservador e sua adoção na implantação do PAE.

9.3. Mapas

No Anexos 10 estão apresentados os mapas para os cenários 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 e 18, identificados como piores cenários.

Para facilitar a visualização de resultados, os mapas estão agrupados de acordo com a sua proximidade, da seguinte forma:

Grupo 01 – ANTA,

Grupo 02 - TOCAIA, ESTACA E LOURIÇAL

Grupo 03 - ANTONINA, NORTE E SUL

Estão disponíveis os seguintes mapas:

- Mapas de inundação máxima;
- Mapas de Tempo de Chegada da onda;
- Mapas Profundidade Máxima,
- Mapas de Risco Hidrodinâmico,
- Mapas de Velocidade Máxima;
- Mapas da Cota do nível d'água máximo atingido durante a ruptura.
- Detalhes em mapas de determinadas áreas de interesse;

A zona de autossalvamento (ZAS) foi obtida a partir do mapa de inundação máxima, limitado a 10 km do barramento. Consequentemente, a zona de segurança secundária (ZSS) é o restante da mancha de inundação máxima, excluindo-se a ZAS.

10. AMORTECIMENTO DA ONDA DE INUNDAÇÃO

Conforme definido nas premissas do estudo, o domínio de modelagem se estendeu até a usina de jusante, independente da capacidade de amortecimento da cheia de ruptura associada, tendo em vista a complexidade envolvida em um estudo em cascata.

A UHE Ilha dos Pombos recebe o maior impacto para a ruptura no Cenário 9 de ruptura do dique Estaca 2. A onda decorrente da ruptura atinge a UHE Ilha dos Pombos na elevação, 141,30m, com uma vazão de 15.443,2 m³/s.



Plano de Ação de Emergência
UHE Simplício e Anta
ANEXO 12 - RELATÓRIO DOS ESTUDOS DE RUPTURA - UHE SIMPLÍCIO-ANTA
REVISÃO 02 – 01/2025

Deste modo, recomenda-se que sejam coordenados estudos mais abrangentes, envolvendo os agentes da bacia, de modo a se obter um estudo em cascata, com critérios e parâmetros pré-definidos para todas as simulações.

LUIZ FERNANDO ALVES DA SILVA

SEGURANÇA DE BARRAGEM MANUTENÇÃO CIVIL GERAÇÃO SUDESTE - OOMB.F

LUIZ FERNANDO ALVES DA SILVA

GUSTAVO SPIEGELBERG

SEGURANÇA DE BARRAGEM MANUTENÇÃO CIVIL GERAÇÃO SUDESTE - OOMB.F

GUSTAVO SPIEGELBERG

CRISTIANO NEVES SIMÃO

SEGURANÇA DE BARRAGEM MANUTENÇÃO CIVIL GERAÇÃO SUDESTE - OOMB.F

CRISTIANO NEVES SIMÃO

Michelle Taveira Telles

SEGURANÇA DE BARRAGEM MANUTENÇÃO CIVIL GERAÇÃO SUDESTE - OOMB.F

MICHELLE TAVEIRA TELLES



OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO SIMPLÍCIO GERAÇÃO SUDESTE - OOGS.F

GEOVANE ABRAÃO BENFICA

PRODUÇÃO OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA GERAÇÃO SUDESTE - OOG.F

JOSE HENRIQUE VILELA

DIRETOR DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ELETROBRAS SUDESTE - OO.F

FRANCISCO JOSE ARTEIRO DE OLIVEIRA